

## Труды НИИСИ РАН, Т. 14, № 4, 2024

### 1. Организация средств защиты информации для ОСРВ Багет (6 стр.)

Н.Д. Байков<sup>1</sup>, А.Н. Годунов<sup>2</sup>, В.Н. Родионов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, pknikita@niisi.ras.ru;

<sup>2</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, nkag@niisi.ras.ru;

<sup>3</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, rodionov@niisi.msk.ru

**Аннотация.** Рассмотрены методы, применяемые при реализации средств защиты информации для операционной системы реального времени (ОСРВ) Багет. Модель управления доступом основана на управлении доступом пользователей к командам. Описаны методы идентификации и аутентификации пользователей. Также описаны пользовательский интерфейс выполнения команд, программный интерфейс регистрации обработчиков пользовательских команд и средства конфигурирования ОСРВ.

**Ключевые слова:** ОСРВ Багет, средства защиты информации, идентификация, аутентификация, управление доступом

### 2. Библиотека поддержки протокола OPC UA для программируемых логических контроллеров семейства «Багет» (12 стр.)

Т. К. Грингауз<sup>1</sup>, Д. В. Яриков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, gring@niisi.ras.ru;

<sup>2</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, yarikov@niisi.ras.ru

**Аннотация.** В среду отечественной операционной системы реального времени семейства Багет портирована свободно распространяемая библиотека open62541, реализующая протокол OPC UA. В статье приведен обзор базовых понятий OPC UA, перечислены функциональные возможности портированной версии библиотеки, описана модельная задача, приведен разбор ключевых фрагментов ее кода.

**Ключевые слова:** программируемый логический контроллер, протокол OPC UA, ОСРВ Багет

### 3. Разработка приложений для ПЛК на основе принципов стандарта ARINC 653 (5 стр.)

А.Н. Онин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, alexii@niisi.ras.ru.

**Аннотация.** В статье рассматривается использование принципов стандарта ARINC 653 как основы для разработки приложений на языках стандарта МЭК 61131-3 для исполнения на программируемом логическом контроллере (ПЛК), функционирующем под управлением ОС РВ Багет 3.6. Рассматривается схема использования многопоточного подхода реализации прикладных задач, когда каждая задача функционирует со своим периодом и приоритетом, независимо от других прикладных задач и программ-драйверов обслуживающих устройства ввода-вывода. В статье также рассматриваются принципы формирования диагностических сообщений.

**Ключевые слова:** ПЛК, ОС РВ Багет 3.6, МЭК 61131-3, ARINC 653, система диагностики

#### **4. Сокращение временных затрат на проектирование СФ-блоков при использовании автоматизации подбора входных параметров (5 стр.)**

**Е.С. Кочева<sup>1</sup>, Н.В. Желудков<sup>2</sup>, Е.В. Ткаченко<sup>3</sup>, Б.Е. Евлампиев<sup>4</sup>,  
К.А. Петров<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>НИЦ "Курчатовский институт" - НИИСИ, Москва, Россия,  
kocheva@cs.niisi.ras.ru;

<sup>2</sup>НИЦ "Курчатовский институт" - НИИСИ, Москва, Россия,  
nvgel@cs.niisi.ras.ru;

<sup>3</sup>НИЦ "Курчатовский институт" - НИИСИ, Москва, Россия,  
etkachenko@cs.niisi.ras.ru;

<sup>4</sup>НИЦ "Курчатовский институт" - НИИСИ, Москва, Россия,  
eboris@cs.niisi.ras.ru;

<sup>5</sup>НИЦ "Курчатовский институт" - НИИСИ, Москва, Россия,  
petrovk@cs.niisi.ras.ru.

**Аннотация.** Проведен сравнительный анализ времени, затрачиваемого на проектирование цифровых сложно-функциональных блоков с применением автоматизированного подбора входных параметров в САПР и без автоматизированного подбора. Для проведения анализа использовались два сложно-функциональных блока: целочисленного умножения-деления и интерфейс ввода/вывода. Анализ показал преимущество автоматизированной системы подбора входных параметров САПР с точки зрения сокращения времени, затрачиваемого на поиск их оптимальных значений, на 46% и более.

**Ключевые слова:** топологическое проектирование, СБИС, СФ-блок, Optuna, оптимизация.

## 5. Поточечная запись информации в резисторную матрицу (8 стр.)

В.Б. Котов<sup>1</sup>, Г.А. Бесхлебнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, kotov.vlb@yandex.ru;

<sup>2</sup> НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, gab19@list.ru

**Аннотация.** Для большой резисторной матрицы типа кроссбарр локальная запись информации в выбранный резистор (то есть изменение проводимости этого резистора) сталкивается с трудностями, связанными с ограниченным числом управляющих сигналов – напряжений на проводниках структуры. Поскольку число проводников значительно меньше числа резисторов, при подаче напряжения на целевой резистор, возникают напряжения на многих нецелевых резисторах. Соответствующие изменения проводимостей нецелевых резисторов необходимо компенсировать. В работе рассмотрена процедура записи с использованием высокочастотных гармонических сигналов и с управлением адресации с помощью варьирования сопротивлений резисторов подключения. На основе анализа с использованием модели простого резисторного элемента показана возможность точечной записи информации в резисторную матрицу, то есть локального изменения матрицы проводимостей. Обсуждаются условия, обеспечивающие выполнимость и удобство такой процедуры.

**Ключевые слова:** переменный резистор, высокочастотный сигнал, резисторная матрица, матрица проводимостей, поточечная запись

## 6. Применение функции Ламберта для моделирования ВАХ ГАА нанотранзисторов (6 стр.)

Н.В. Масальский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, volkov@niisi.ras

**Аннотация.** Исследуется возможность применения специальной функции Ламберта для моделирования ВАХ кремниевых полевых транзисторов. Разработана аналитическая модель кремниевого полевого ГАА нанотранзистора с цилиндрической геометрией рабочей области. При этом в модели транзистора, сформулированной в рамках зарядового разделения, интегральное выражение для тока транзистора заменено аналитическим с использованием функции Ламберта. Результаты расчетов ВАХ сопоставляются с результатами моделирования полученными при помощи широко используемой среды программно-технологического моделирования. Финальная формулировка модели характеризуется следующими преимуществами: она является аналитической, адекватной и компактной. Достигается высокая точность при минимальных вычислительных затратах. Это позволяет использовать рассмотренный подход в инструментах проектирования и поиске начального приближения для трех мерного приборно-технологического моделирования.

**Ключевые слова:** кремниевый нанотранзистор с полностью охватывающим затвором, функция Ламберта, аналитическая модель, вольт-амперные характеристики, моделирование

## **7. Чувствительность распределения потенциала в канале кремниевых GAA нанотранзисторов к аномальному поведению зернистости металлического затвора (7 стр.)**

**Н.В. Масальский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, volkov@niisi.ras

**Аннотация.** Обсуждается влияние аномальной зернистости металлического затвора кремниевого полевого GAA нанотранзистора с цилиндрической геометрией на распределение потенциала в его рабочей области. На основе аналитического решения 2D уравнения Пуассона разработана аналитическая модель для анализа чувствительности распределения потенциала кремниевых полевых GAA нанотранзисторов к аномальному поведению зернистости металлического затвора. Количественно проанализированы вариации распределения потенциала в транзисторах с короткой и тонкой рабочей областью с длиной от 25 до 11 нм. Показана зависимость возмущения потенциала от расположения аномальной зернистости на затворе. Установлена линейная зависимость амплитуды возмущения от величины скачка работы выхода. Разработана математическая модель флуктуации распределения потенциала, включающая вариации неравномерности границ аномальной области зернистости. Неравномерность границ аномальной области вносит дополнительный вклад в трансформацию потенциала. При примерно одинаковых деформациях границ вклад данного механизма не существен. При значительной асимметрии границ вклад может превышать 10% от возмущения, сгенерированного идеальным кольцом.

**Ключевые слова:** кремниевый цилиндрический нанотранзистор с полностью охватывающим затвором, аномальная зернистость металлического затвора, распределение потенциала, уравнение Пуассона, моделирование

## **8. Особенности разработки органического корпуса для многокристальных сборок на основе чиплетов (8 стр.)**

**А.А. Подковыров<sup>1</sup>, А.В. Андреев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, barfey@cs.niisi.ras.ru;

<sup>2</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, alandreev@cs.niisi.ras.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается разработка и методика проектирования органического корпуса с шариковыми выводами типа BGA (Ball Grid Array) с двумя кристаллами, соединенных между собой высокоскоростными интерфейсами. Описаны особенности топологии корпуса на основе чиплетов. Рассмотрены основные технологии и этапы разработки. Проведен обзор разработок зарубежных аналогов.

## 9. Оценка энергопотребления в программе комплексного тестирования производительности вычислительного кластера (5 стр.)

О. И. Вдовикин<sup>1</sup>, П. Н. Телегин<sup>2</sup>, Б. М. Шабанов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, vdovikin@jssc.ru;

<sup>2</sup>МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, telegin@jssc.ru;

<sup>3</sup>МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, shabanov@jssc.ru

**Аннотация.** Для сравнительной оценки производительности вычислительных кластеров используются различные группы тестов. Для определения параметров эффективности кластерных решений с большим числом ядер разработана программа комплексного тестирования производительности Laptest. Из-за высокого потребления электроэнергии суперкомпьютерами энергоэффективность при выполнении задач стала являться одним из важнейших свойств вычислительных систем. В статье описывается реализация оценки потребления энергии в программе Laptest.

**Ключевые слова:** суперкомпьютер, вычислительный кластер, тестирование производительности, энергоэффективность, RAPL

## 10. Оценка влияния различных участков программного кода на энергопотребление вычислительной системы (8 стр.)

Е. А. Киселёв<sup>1</sup>, Д. А. Чубаров<sup>2</sup>, А. В. Баранов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, kiselev@jssc.ru, +7(926)223-88-66;

<sup>2</sup> РТУ МИРЭА, Москва, Россия, chubarovdima@inbox.ru

<sup>3</sup> МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, anton.baranov@jssc.ru, +7(903)215-43-42

**Аннотация.** Работа посвящена проверке гипотезы о возможности оценки влияния исходного кода программы на энергопотребление вычислительной системы. На основе исследованных методов оптимизации авторами предложен алгоритм для оценки энергоэффективности программного кода. Разработан макет программного средства в виде расширения для Visual Studio Code, реализующий представленный алгоритм. Приведены экспериментальные результаты по исследованию различных способов повышения энергоэффективности программного кода, а также результаты проверки работоспособности разработанного алгоритма.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, анализ исходного кода, оптимизация программного кода, RAPL, VS Code.

## **11. Симулятор системы управления суперкомпьютерными заданиями с внешним интерфейсом управления (9 стр.)**

**Д. С. Ляховец<sup>1</sup>, А. В. Баранов<sup>2</sup>, А. Ю. Кудрин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт»,  
Москва, Россия, anetto@inbox.ru;

<sup>2</sup> МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт»,  
Москва, Россия, abaranov@jssc.ru;

<sup>3</sup> МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия,  
akudrin2002@gmail.com

**Аннотация.** Одним из востребованных инструментов исследования поведения систем управления суперкомпьютерными заданиями (СУЗ), как сложных систем коллективного пользования, является имитационное моделирование при помощи симуляторов. В статье сформулированы требования к симулятору высокопроизводительной вычислительной системы, включающей в свой состав территориально распределенные суперкомпьютеры. Соответствие выдвинутым требованиям может быть обеспечено за счет реализации внешнего интерфейса управления симулятором. В статье представлен анализ характеристик современных симуляторов СУЗ с точки зрения выдвинутых требований, предложена архитектура симулятора СУЗ с внешним симулятором управления. Рассмотрены первые результаты применения симулятора Elytra, реализующего предложенную архитектуру.

**Ключевые слова:** высокопроизводительные вычисления, имитационное моделирование, планирование заданий, система управления заданиями

## **12. Современные и перспективные процессоры для высокопроизводительных вычислений (8 стр.)**

**А.С. Шмелёв<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> МСЦ РАН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт»,  
Москва, Россия, guest8993@rambler.ru

**Аннотация.** В наши дни уже невозможно представить развитие науки и техники без компьютерного моделирования, проводимого на высокопроизводительных вычислительных машинах. В данной работе проводится обзор современных процессоров различных архитектур для вычислительных центров, приведены их показатели производительности, а также приведены анонсы перспективных моделей процессоров и показаны тенденции в данной области.

**Ключевые слова:** высокопроизводительные вычисления, центральный процессор, ускорители вычислений, суперЭВМ, TOP500, x86, POWER, ARM, управление потоком данных, ВПП

### 13. О квазипериодических, но не периодических элементах специального класса функциональных непрерывных дробей (4 стр.)

М.М. Петрунин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» - НИИСИ, Москва, Россия, petrushkin@yandex.ru

**Аннотация.** В работе М.М. Петрунин "Об одном классе периодических элементов гиперэллиптических полей", Чебышевский сборник. 2024. Т. 25. № 4 в случае произвольной нечетной степени многочлена  $f$  над произвольным полем алгебраических чисел  $K$  был получен класс всегда квазипериодических в  $K((x))$  элементов и выделен подкласс всегда периодических элементов вида  $\frac{v+w\sqrt{f}}{u}$ , задаваемые только соотношениями на многочлены  $u, v, w, f \in K[x]$  и их степени. Класс не пуст при наличии в гиперэллиптическом поле хотя бы одного квазипериодического элемента. В настоящей работе построены новые примеры периодических, а также построены примеры квазипериодических, но не периодических элементов вышеуказанного класса квазипериодических элементов.

### 14. О теореме Успенского-Райса (9 стр.)

А.И. Грюнталь<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ, Москва, Россия, grntl@niisi.ras.ru

**Аннотация.** В статье содержится подробное доказательство теоремы Успенского-Райса. Вводятся основные понятия, относящиеся к вычислимым функциям. Используется вычислительная модель «Машина с неограниченными регистрами». Изложение носит замкнутый и элементарный характер.

**Ключевые слова:** вычислимые функции, программа, машина с неограниченными регистрами.